

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-179420

(43)公開日 平成5年(1993)7月20日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 3 C 10/28		7516-4K		
B 2 3 K 20/00	3 1 0 H	9264-4E		
C 2 2 C 1/00	E			
21/00	E	8928-4K		
C 2 2 F 1/04	L	9157-4K		

審査請求 未請求 請求項の数4(全10頁) 最終頁に続く

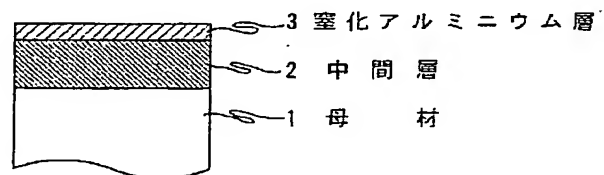
(21)出願番号	特願平3-359212	(71)出願人	000003609 株式会社豊田中央研究所 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番 地の1
(22)出願日	平成3年(1991)12月26日	(72)発明者	藤田 浩紀 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番 地の1 株式会社豊田中央研究所内
		(72)発明者	鈴木 隆敏 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番 地の1 株式会社豊田中央研究所内

(54)【発明の名称】 耐摩耗性に優れたアルミニウム材およびその製造方法

(57)【要約】

【目的】 耐摩耗性に優れた高い硬度を有するとともに、面圧強度特性に優れたアルミニウム材およびその製造方法を提供する。

【構成】 アルミニウムまたはアルミニウム合金材料からなる母材と、該母材表面に形成したアルミニウムと銀との金属間化合物層とからなるアルミニウム材、または、該材表面に窒化アルミニウム層を形成したことを特徴とする耐摩耗性に優れたアルミニウム材、およびそれらの製造方法。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 アルミニウムまたはアルミニウム合金材料からなる母材と、該母材表面に形成したアルミニウムと銀との金属間化合物層とからなることを特徴とする耐摩耗性に優れたアルミニウム材。

【請求項2】 アルミニウムまたはアルミニウム合金材料からなる母材と、該母材表面に形成したアルミニウムと銀との金属間化合物からなる中間層と、該中間層の表面に形成した窒化アルミニウム層とからなることを特徴とする耐摩耗性に優れたアルミニウム材。

【請求項3】 アルミニウムまたはアルミニウム合金材料からなる母材を準備する工程と、  
該母材表面に銀を主体とする金属層を形成する工程と、  
該金属層を被覆したアルミニウム母材を熱処理し、前記金属層にアルミニウムを拡散させてアルミニウムと銀との金属間化合物層とする熱拡散処理工程とからなることを特徴とする耐摩耗性に優れたアルミニウム材の製造方法。

【請求項4】 アルミニウムまたはアルミニウム合金材料からなる母材を準備する工程と、  
該母材表面にアルミニウムと銀との金属間化合物からなる中間層を形成する工程と、  
該中間層に窒化処理を施し、該層表面に窒化アルミニウム層を形成する工程とからなることを特徴とする耐摩耗性に優れたアルミニウム材の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、耐摩耗性に優れたアルミニウム材およびその製造方法に関し、さらに詳しくは、アルミニウム材料の表面に耐摩耗性に優れた表面層を有するアルミニウム材およびその製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】アルミニウム材料またはアルミニウム合金材料（以下、アルミニウム材料という）は、それ自体では耐摩耗性、耐焼付性が劣るため、運動部品での摺動面の耐久性に問題がある。また、母材の硬さが鋼に比べて低いため、高い面圧には耐えられないなどの欠点がある。

【0003】これら問題を解決する方法として、アルミニウム材料にプラズマ溶射やレーザーなどを施してアルミニウム材料表面を合金化する方法やめっきする方法がある。

【0004】また、アルミニウム材料のイオン窒化に先立ち、被処理材の表面をヘリウム、アルゴンなどの希ガスからなる活性化処理用ガスを導入するとともに放電することにより、被処理材料の表面を活性化して窒化物層が生成し易い表面性状とし、その後イオン窒化することにより、被処理材表面に優れた窒化アルミニウム層を形成せしめる「アルミニウム材のイオン窒化方法」（特開

昭60-211061号公報）が開発されている。この方法により、アルミニウムの表面に高い硬度を持つ被膜層が容易に形成できるので、アルミニウム材の耐摩耗性を向上させることができる。すなわち、該アルミニウム材の表面に形成された窒化アルミニウム層は、非常に高温まで安定であり、硬さHv 1000以上あり、耐摩耗性に優れ、熱伝導度が大きくかつ絶縁性に優れている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前者の方法では、金属の溶融法であるため、表面層の厚さと組成が均一でなく、硬さや耐摩耗の特性が均一にならないという問題を有している。また、表面の粗度が悪いため、処理後の研削または研磨が必要となるという問題を有している。また、電気めっき等のめっきする方法により、厚い複合めっき層を形成した場合、母材と界面は機械的な接合のため、母材との密着性が十分ではないという問題を有している。

【0006】また、後者の特開昭60-211061号に開示されたアルミニウム材のイオン窒化方法は、確かに高硬度で耐摩耗性に優れた表面層を形成することができるものの、該表面層はせいぜい10数 $\mu\text{m}$ 程度であり、高い面圧がかかるような部材として用いた場合には、該圧力に耐えられない場合があるという問題を有している。

【0007】そこで、本発明者らは、上述の如き従来技術の問題点を解決すべく鋭意研究し、各種の系統的実験を重ねた結果、本発明を成すに至ったものである。

【0008】（発明の目的）本発明の目的は、耐摩耗性に優れた高い硬度を有するとともに、面圧強度特性に優れたアルミニウム材およびその製造方法を提供するにある。

【0009】本発明者らは、上述の従来技術の問題に対して、以下のことに着眼した。すなわち、アルミニウム材料の表面に、アルミニウムよりも硬度が高く、摺動特性が良好で、熱膨張係数がアルミニウムに比較的近く、外力によって破損しない表面層を設けることに着目した。

【0010】そこで、上記のような条件を満足する層として、銀とアルミニウムとの金属間化合物に着目し、所定膜厚のAl-Agの金属間化合物からなる表面層を設けることにより従来技術の問題を解決できることを見出し、本発明を成すに至った。

## 【0011】

## 【課題を解決するための手段】

（第1発明）第1発明の耐摩耗性に優れたアルミニウム材は、アルミニウムまたはアルミニウム合金材料からなる母材と、該母材表面に形成したアルミニウムと銀との金属間化合物層とからなることを特徴とする。

【0012】（第2発明）第2発明の耐摩耗性に優れたアルミニウム材は、アルミニウムまたはアルミニウム合金材料からなる母材と、該母材表面に形成したアルミニ

ウムと銀との金属間化合物からなる中間層と、該中間層の表面に形成した窒化アルミニウム層とからなることを特徴とする。

【0013】(第3発明)第3発明の耐摩耗性に優れたアルミニウム材の製造方法は、アルミニウムまたはアルミニウム合金材料からなる母材を準備する工程と、該母材表面に銀を主体とする金属層を形成する工程と、該金属層を被覆したアルミニウム母材を熱処理し、前記金属層にアルミニウムを拡散させてアルミニウムと銀との金属間化合物層とする熱拡散処理工程とからなることを特徴とする。

【0014】(第4発明)第4発明の耐摩耗性に優れたアルミニウム材の製造方法は、アルミニウムまたはアルミニウム合金材料からなる母材を準備する工程と、該母材表面にアルミニウムと銀との金属間化合物からなる中間層を形成する工程と、該中間層に窒化処理を施し、該層表面に窒化アルミニウム層を形成する工程とからなることを特徴とする。

【0015】

【作用】本第1発明または第2発明の耐摩耗性に優れたアルミニウム材、および、第3発明および第4発明の耐摩耗性に優れたアルミニウム材の製造方法が優れた効果を発揮するメカニズムについては、未だ必ずしも明らかではないが、次のように考えられる。

【0016】(第1発明の作用)本発明のアルミニウム材は、アルミニウムまたはアルミニウム合金材料からなる母材と、該母材表面に形成した金属間化合物層とからなる。この金属間化合物層は、アルミニウムと銀との金属間化合物である。銀とアルミニウムとからなる金属間化合物は、母材と熱膨張係数が比較的近く、また硬度もアルミニウムに比べて高い。この銀とアルミニウムとの金属間化合物とすることにより、アルミニウム母材との界面は拡散による金属結合となり、かつ熱膨張係数の差が小さいため、温度変化に対して界面での剪断力が小さく、層の密着性に優れたものとなり、これより、耐摩耗性に優れたアルミニウム母材より高い硬度およびある程度の靱性を有するため、面圧強度特性に優れたアルミニウム材となっているものと考えられる。

【0017】なお、アルミニウム材料の表面にCuやNiなどの他の金属を被覆し、熱拡散処理してCu-AlまたはNi-Alからなる金属間化合物を形成させることが考えられるが、これらCu-AlまたはNi-Alからなる金属間化合物は、熱膨張係数がアルミニウム母材より小さく、また靱性に欠けるため剥離し易いという問題を有する。本発明の場合には、このような問題が起こりにくいという特有の効果を奏することができる。

【0018】(第2発明の作用)本発明のアルミニウム材は、アルミニウムまたはアルミニウム合金材料からなる母材と、該母材表面に形成したアルミニウムと銀との金属間化合物層からなる中間層と、該中間層の表面に形

成した窒化アルミニウム層とからなる。表面層としての窒化アルミニウム層は、非常に高温まで安定であり、硬さHv 1000以上あり、耐摩耗性により優れ、熱伝導度が大きくかつ絶縁性に優れている。本発明のアルミニウム材は、この窒化アルミニウム表面層と母材との間に、アルミニウムと銀とからなる金属間化合物を有してなる。この金属間化合物は、硬度が母材よりも高く、靱性を有し、所定の膜厚を有してなる。従って、本発明のアルミニウム材は、表面層としての窒化アルミニウム層の特性をそのまま発揮させることができるとともに、該材の表面に相当の面圧が加わった場合でも、前記中間層により該面圧を受けとめ、前記表面層の効果を奏させることができるとともに所定の効果を損なうような変形を防止することができるものと考えられる。

【0019】(第3発明の作用)第3発明の耐摩耗性に優れたアルミニウム材の製造方法は、先ず、アルミニウムまたはアルミニウム合金材料からなる母材を準備する(母材準備工程)。次いで、該母材の耐摩耗層形成部の表面に、電気めっき法などにより銀を主体とする金属層を形成する(銀層形成工程)。次いで、該金属層を被覆したアルミニウム母材を熱処理し、前記金属層にアルミニウムを拡散させてアルミニウムと銀との金属間化合物層を形成する(熱拡散処理工程)。このとき、銀はアルミニウムと反応し易く拡散速度も早いので、容易にAg<sub>2</sub>Alからなる金属間化合物を形成することができるものと考えられる。また、これより得られたアルミニウムと銀との金属間化合物は、耐摩耗性に優れ比較的高い硬度を有するとともに、面圧強度特性に優れている。

【0020】(第4発明の作用)第4発明の耐摩耗性に優れたアルミニウム材の製造方法は、アルミニウムまたはアルミニウム合金材料からなる母材を準備する(母材準備工程)。次いで、該母材表面にアルミニウムと銀との金属間化合物からなる中間層を形成する(中間層形成工程)。なお、この中間層の形成は、前記第3発明と同様に行うことができる。次いで、イオン窒化法や窒化浴浸漬法などの方法により窒化処理を施し、該中間層の表面に窒化アルミニウム層を形成する(窒化アルミニウム層形成工程)。これにより、中間層を構成しているアルミニウムが表面に拡散し、該アルミニウムと窒素が結合して窒化アルミニウム層を形成する。このとき、窒化アルミニウム層の形成により失った前記中間層のアルミニウム成分は、アルミニウムの銀への拡散速度が早いので母材から順次補われ、比較的厚い窒化アルミニウム層を形成することができる。これより、母材と、アルミニウムと銀との金属間化合物からなる中間層と、窒化アルミニウムからなる表面層とを有し、耐摩耗性および硬度、さらには面圧強度に優れた三層構造のアルミニウム材を容易に得ることができるものと考えられる。

【0021】

【発明の効果】

【0022】(第1発明の効果)本第1発明のアルミニウム材は、耐摩耗性に優れ母材より高い硬度と靱性を有するとともに、面圧強度特性に優れている。

【0023】(第2発明の効果)本第2発明のアルミニウム材は、より優れた耐摩耗性およびより高い硬度を有するとともに、面圧強度特性に優れている。

【0024】(第3発明の効果)本第3発明の製造方法により、母材(被処理材)としてのアルミニウムまたはアルミニウム合金の表面に、耐摩耗性に優れ高い硬度を有するとともに、面圧強度特性に優れた金属間化合物層を容易に形成することができる。また、母材表面に形成された金属間化合物層は、密着性に優れている。

【0025】(第4発明の効果)本第4発明の製造方法により、母材(被処理材)としてのアルミニウムまたはアルミニウム合金の表面に、より耐摩耗性に優れより高い硬度を有するとともに、面圧強度特性に優れた被覆層を容易に形成することができる。また、母材表面に形成された被覆層は、密着性に優れている。

【0026】

【実施例】先ず、前記第1発明または第2発明のアルミニウム材、および第3発明または第4発明のアルミニウム材の製造方法をさらに具体的に示した発明(具体例)について説明する。

【0027】本発明の母材または被処理材は、アルミニウムまたはアルミニウム合金からなる材料または部材である。表面処理前の製品形状のものであってもよい。アルミニウム合金は、アルミニウムを主成分とし、これに、珪素、銅、マグネシウム、マンガン、クロム、ニッケル、鉄、亜鉛等の一種または二種以上を含むものである。

【0028】アルミニウムと銀との金属間化合物からなる層(表面層としての金属間化合物層、または中間層)は、母材の耐摩耗性および硬度、面圧強度を向上させる層であり、具体的には $Ag_2Al$ などからなるものである。さらに、 $Ag-Al$ (銀リッチの金属間化合物)や、 $Al-Ag_2Al$ (アルミニウムリッチの金属間化合物)であってもよい。該層中の $Al$ 含有量や該層の厚さなど、さらには該層の硬度などの特性は、目的に応じて適宜決定することができる。

【0029】なお、この金属間化合物層は、表面層として用いる場合、膜厚が $50\mu m \sim 200\mu m$ であることが好ましい。該膜厚が $50\mu m$ 未満の場合、用途によっては面圧により塑性変形し、表面形状が変化する虞れがあり、また、該膜厚が $200\mu m$ を越えると、層形成の工程時間が長くなり、また銀の使用量が増加し、コストアップとなる虞れがある。また、中間層として用いる場合にも、前記と同様の理由により、膜厚が $50\mu m \sim 200\mu m$ であることが好ましい。

【0030】また、前記金属間化合物の硬度は、純アルミニウムと純 $Ag$ で形成された場合には、約 $Hv200 \sim 2$

50であり、実用されているアルミニウム合金の約 $Hv80 \sim 140$ に比べて高い。従って、従来のアルミニウム合金が使用され、耐面圧強度が不十分である用途に対しては、この金属間化合物のアルミニウム母材表面への被覆は効果的である。しかし、約 $Hv200 \sim 250$ でも、表面層の変形が生ずるような用途に対しては、 $Ag$ 中に他の元素を添加することにより、 $Hv300$ 以上の金属間化合物層を形成し、 $Hv700$ 程度にすることも可能である。

【0031】また、この金属間化合物層は、本発明の効果を損なわない範囲で、第三の元素を適宜添加することができる。例えば、より高い硬度が所望の場合には、クロム( $Cr$ )、銅( $Cu$ )、鉄( $Fe$ )、ニッケル( $Ni$ )などの特性向上元素の一種以上を添加することが好ましい。

【0032】この金属間化合物を母材表面に形成する方法としては、電気めっき法、無電解めっき法、溶射法、ペースト塗布法などが適用できる。なお、前記方法により、先ず銀を主体とした金属膜を形成し、該金属膜を有する母材を加熱して該母材中のアルミニウムを前記金属膜中に拡散させてアルミニウムと銀とからなる金属間化合物を形成することができる。

【0033】なお、アルミニウム材料からなる母材は、表面に酸化膜を形成し易いので、電気めっき法により先ず銀を主体とした金属膜を形成し、次いで、金属膜を被覆した母材を加熱して母材中のアルミニウムを金属膜中に拡散処理し、母材表面にアルミニウムと銀とからなる金属間化合物を形成することが好ましい。電気めっき法を採用することにより、均一な層を必要とする部分にのみ被覆可能なので、好適である。また、この方法の場合、小さい部品でも同時に処理でき、大量被覆に適するという利点も有する。

【0034】なお、該金属間化合物層を中間層として形成する場合は、該金属間化合物形成工程(中間層形成工程)の熱拡散処理を、後工程の窒化処理工程時の熱処理と同時に行ってもよい。例えば、窒化処理をイオン窒化処理法により行う場合には、イオン窒化処理時の昇温工程などの被処理材の熱付与を伴う工程と兼ねることができ、この場合、工程の簡略化が可能であり、コストダウンができるという利点を有する。

【0035】窒化アルミニウム層は、金属間化合物層(中間層)の表面に形成した表面層で、非常に高温まで安定であり、硬さ $Hv1000$ 以上あり、耐摩耗性により優れ、熱伝導度が大きくかつ絶縁性に優れた層である。なお、この窒化アルミニウム層は、該層の特性を向上させる目的で、酸素や窒素、炭素などの一種以上からなる特性向上剤を発明の効果損なわない範囲で含有させることができる。例えば、酸素含有量が $1 \sim$ 数十重量%含むアルミニウム酸窒化物層である場合には、さらに耐水性や耐食性に優れたものとすることができる。

【0036】この窒化アルミニウム層は、膜厚が $2\mu m$

～10 $\mu$ mであることが好ましい。該膜厚が2 $\mu$ m未満の場合、より優れた十分な耐摩耗性を付与することができない虞れがあり、また、該膜厚が10 $\mu$ mを越えると、クラックなどの耐摩耗性を損なう物質が介在する割合が高くなる虞れがある。

【0037】この窒化アルミニウム層を形成する方法としては、イオン窒化法やプラズマ化学気相蒸着法などの各種の化学蒸着法や、イオンプレーティング法などの各種の物理蒸着法、およびシアンを含む塩浴中に浸漬する方法などの各種の浸漬法など、どのような方法でも適用

【0038】なお、この窒化アルミニウム層の形成方法としては、母材に形成された金属間化合物からなる中間層中のアルミニウムを優先的に窒化し、該アルミニウムと外部から供給された窒素とを結合させて窒化アルミニウムを形成する方法であることが好ましい。該方法による場合、アルミニウムはAg<sub>2</sub>Alより拡散した元素であり、表面の窒素と反応し、AlNを形成するため、前記中間層と窒化アルミニウム層との密着強度に優れたもの

【0039】ここで、窒化アルミニウム層の形成方法について、その一例を簡単に説明すると以下のようである。すなわち、該窒化アルミニウム層をイオン窒化方法により形成する方法としては、先ず、母材にアルミニウムと銀との金属間化合物からなる中間層を形成した材料、または、母材に銀を主体とした金属膜を形成した材料を用意し、窒化処理装置内に配置する（被処理材配置工程）。次に、容器を密閉した後、ロータリーポンプや拡散ポンプなどの真空ポンプを用い、該容器内に残存するガスを除去する（酸素ガス除去工程）。なお、必要により、減圧後水素ガスや希ガスなどの非酸化性ガスからなる導入ガスを置換し、減圧を繰り返す。次いで、減圧した密閉容器内に昇温用ガスを導入するとともに放電を行うか、或いは該容器内または該容器の周囲に設けられたヒータにより、被処理材の表面を所定の窒化温度に加熱する（昇温工程）。なお、前記用意した材料が後者の場合、すなわち、母材表面に形成した金属膜が、前記金属間化合物ではなく銀を主体とする金属膜である場合には、この昇温工程における加熱処理により、母材中のアルミニウムが金属膜中に拡散され、金属間化合物が形成される。次に、密閉容器内に窒素ガスや窒素を主体とするガスや窒素ガスと水素ガスとの混合ガスなどの窒化処理用ガスを導入するとともに、該密閉容器内にグロー放電を発生させて被処理材表面の窒化処理を行う（イオン窒化工程）。なお、イオン窒化処理に先立って、被処理材表面を窒化アルミニウムが形成され易い性状に前処理を施すことにより、効率よくまた厚膜の窒化アルミニウム層を形成することができるので好ましい。

【0040】窒化アルミニウム層の形成方法として、イオン窒化方法を適用した場合には、ガス中で行われるため、後洗浄が不要であり、また同時処理が可能であるという利点を有する。

【0041】なお、イオン窒化法による場合には、被処理材の温度ができるだけ均一となるようにして窒化処理を行うことが好ましい。例えば、グロー放電の条件を、各部分または各部品に放電が均一に発生するように、部品の保持・電極等を考慮することが好ましい。

【0042】また、前記窒化アルミニウム層を浸漬法により形成する方法について、その一例を簡単に説明する。すなわち、通常、鋼の塩浴窒化法として用いられているシアンを含む浴中に浸漬して行う。

【0043】窒化アルミニウム層の形成方法として、浸漬法を適用した場合には、塩浴であるため、温度の制御を行い易いという利点を有する。

【0044】ここで、本具体例のアルミニウム材の構造の一例を、図1を用いて説明する。すなわち、図1は、アルミニウム材の断面を模式的に示したもので、アルミニウムまたはアルミニウム合金からなる母材（鍛造材または鍛造材など：A7075の場合は最高Hv150）1と、該母材表面に形成された中間層（バックアップ層：50～200 $\mu$ m：Hv300～600）2と、該中間層の表面に形成した窒化アルミニウム層（耐摩耗層：2～10 $\mu$ m：Hv1000～2000）3とからなる。

【0045】以下に、本発明の実施例を説明する。

#### 【0046】第1実施例

【0047】母材として純Alを用い、電解めっきにより銀からなる金属膜を形成し、加熱拡散処理を行ってアルミニウム材を作製し、該材の性能評価試験を行った。

【0048】先ず、母材として50×25×5mm寸法の純アルミニウム（A1100製）を用意した。次いで、該母材表面に、電解めっきにより、約45 $\mu$ mと約80 $\mu$ m厚さの銀（Ag）めっき層を形成した。次いで、これら銀めっき層を形成した試料を、真空中（約10<sup>-3</sup>～10<sup>-4</sup>Torr）で、450℃、500℃、540℃およびほぼ共晶温度（567℃）の570℃で、1、2、または4時間の加熱による拡散処理を行った。

【0049】得られたアルミニウム材を、X線回折、光学顕微鏡観察、硬さ測定、EPMAによる元素分布の測定により、性能評価した。

【0050】先ず、X線回折試験は、加熱後、試料の表面より、X線を照射することにより行った。その結果、全試料とも、母材表面に形成された被覆膜がAg<sub>2</sub>Alからなる金属間化合物であることが分かった。

【0051】次に、光学顕微鏡観察試験は、加熱後得られた試料を切断し、樹脂中に埋め込んだ後研磨した面について行った。その結果、何れもクラックや剥離等の不具合が全くみられず、被覆膜が均一に形成されていることが分かった。なお、前記加熱拡散処理における加熱温

度が540℃、加熱時間が4時間の例について、アルミニウム材の断面の金属組織(倍率:200倍)を図2に示す。

【0052】また、前記加熱温度と被覆層の厚さとの関係を、図3に示す。同図から明らかなように、加熱温度が高いほど、加熱時間が長いほど被覆層の厚さが厚くなっていることが分かる。

【0053】次に、硬さ測定試験は、マイクロビッカース硬度計を用い、100gの荷重により行った。その結果、Ag<sub>2</sub>Al金属間化合物の硬さ分布はHv 210 ~ 230であり、しかも、母材の種類および処理条件には無関係であることが分かった。また、層の硬さの測定の圧痕によるクラックは生じなかった。

【0054】次に、EPMAによる元素分布の測定試験は、光学顕微鏡観察試験の試料と同一のものにより行った。前記加熱拡散処理における加熱温度が540℃、加熱時間が4時間の例について測定した結果を、図4に示す。同図より明らかな如く、被覆層の内部ではAgが約80重量%、Alは約15重量%であり、この組成は平衡状態図で示されたAg<sub>2</sub>Alの固溶範囲内にあり、AlリッチのAg<sub>2</sub>Al部分に相当する。

【0055】比較のために、母材の表面に形成した金属膜を前記実施例のAgに代えて約20μmのCuまたはNiとした以外は、前記第1実施例と同様に母材に金属膜を形成し、加熱拡散処理して、比較用のアルミニウム材を作製し、性能評価試験を行った。その結果、CuおよびNiめっき材を加熱した場合の断面組織は、いずれもクラックが発生しており、冷却中に該メッキ層が剥離する場合もあった。また、Agめっき材におけるAg<sub>2</sub>Al層の成長速度係数Kは、CuおよびNiめっき材の場合の120~250倍であることが分かった。

【0056】本実施例より、Ag<sub>2</sub>Al層の成長速度が極めて速いので、短時間でアルミニウム材料の表面に厚い層を形成できることも分かった。

#### 【0057】第2実施例

【0058】母材としてジュラルミンを用い、前記第1実施例と同様にして、電解めっきにより銀からなる金属膜を形成し、加熱拡散処理を行ってアルミニウム材を作製し、該材の性能評価試験を行った。

【0059】まず、母材として50×25×5mm寸法のジュラルミン(A2017製)を用意した。次いで、前記第1実施例と同様にして、銀めっき層を形成、次いで、拡散処理を行い、本実施例にかかるアルミニウム材を得た。

【0060】得られたアルミニウム材を、前記第1実施例と同様にして、X線回折、光学顕微鏡観察、硬さ測定、EPMAによる元素分布の測定により、性能評価した。

【0061】その結果、X線回折試験により、全試料とも、母材表面に形成された被覆膜がAg<sub>2</sub>Alからなる

金属間化合物であることが分かった。また、得られたアルミニウム材の断面の光学顕微鏡組織は、第1実施例の純アルミニウムの場合と同様であり、クラックや剥離のない金属被覆層が形成されていた。また、Ag<sub>2</sub>Al金属間化合物の硬さ分布はHv 210 ~ 230であり、しかも、母材の種類および処理条件には無関係であることが分かった。また、層の硬さの測定の圧痕によるクラックは生じなかった。また、EPMAによる分析結果は、加熱拡散処理における加熱温度が540℃、加熱時間が4時間の例について測定した結果を、図5に示す。同図より明らかな如く、被覆層の内部ではAgとAlの分布は前記第1実施例のA1100の場合と同様であるが、被覆層中には母材中の合金元素であるCuが最大約1.5重量%、Mgが最大約0.5重量%存在したが、MnおよびSiの存在は確認されなかった。

#### 【0062】第3実施例

【0063】母材として純Alおよびジュラルミンを用い、複合電解めっきによりAg+Niからなる金属膜を形成し、加熱拡散処理を行ってアルミニウム材を作製し、該材の性能評価試験を行った。

【0064】まず、母材として50×25×5mm寸法の純アルミニウム(A1100製)およびジュラルミン(A2017製)を用意した。次いで、該母材表面に、複合電解めっきにより、約45μmと約80μm厚さの銀-ニッケルの複合めっき層(Ag+5%Ni)を形成した。次いで、これらめっき層を形成した試料を、前記第1実施例と同様にして、真空中(約10<sup>-3</sup>~10<sup>-4</sup>Torr)で、450℃、500℃、540℃およびほぼ共晶温度(567℃)の570℃で、1、2、または4時間の加熱による拡散処理を行った。

【0065】得られたアルミニウム材を、前記第1実施例と同様にして、X線回折、光学顕微鏡観察、硬さ測定、EPMAによる元素分布の測定により、性能評価した。

【0066】その結果、X線回折試験により、全試料とも、母材表面に形成された被覆膜がAg<sub>2</sub>Alを主成分とする金属間化合物であることが分かった。また、得られたアルミニウム材の断面の光学顕微鏡組織は、第1実施例の純アルミニウムの場合と同様であり、クラックや剥離のない金属被覆層が形成されていた。また、Ag<sub>2</sub>Al金属間化合物の硬さ分布はHv 450 ~ 510であり、しかも、母材の種類および処理条件には無関係であることが分かった。また、層の硬さの測定の圧痕によるクラックは生じなかった。

【0067】また、同様に、前記複合めっき層のNiに代えて、CrやFeを用いた場合でも、この第3実施例と同様に被覆層の硬度上昇効果が認められた。

#### 【0068】第4実施例

【0069】前記第1実施例および第2実施例により作製したAg-Al金属間化合物層を被覆アルミニウム材

を用い、該被覆層の表面をイオン窒化処理して窒化アルミニウム層を形成し、本発明の第2発明にかかるアルミニウム材を作製した。次いで、該アルミニウム材の性能評価試験結果を行った。

【0070】先ず、前記第1実施例および第2実施例により作製したAg-A1金属間化合物層を用意し、イオン窒化処理装置内に配置した。次に、該容器を密閉した後、ロータリーポンプを用い、該容器内に残存するガスを除去し、次いで水素ガスを導入に置換し、減圧を繰り返し行った。次に、減圧した密閉容器内に昇温用ガスとして水素ガスを導入するとともに放電を行い、被処理材の表面を500℃に加熱した。次に、密閉容器内に3 Torrの窒素ガスを導入するとともに、該密閉容器内に600V、1Aの条件でグロー放電を発生させて被処理材表面の窒化処理を4時間行ったところ、表面に黒色の層が形成されていた。

【0071】この黒色層について、X線回折法による物質同定試験を行った結果、何れもウルツ鉱型の窒化アルミニウム(AlN)であることが確認された。

【0072】また、前記加熱拡散処理における加熱温度が500℃、加熱時間が4時間の例について、窒化層の膜厚の測定試験を行った。その結果、膜厚は約8μmであった。また、該例の光学顕微鏡による組織観察の結果を、すなわち、アルミニウム材の断面の金属組織(倍率:400倍)を図6に示す。同図より明らかな如く、本実施例のアルミニウム材は、母材と、該母材表面に形成された中間層と、該中間層の表面に形成した窒化アルミニウム層とからなり、それぞれの層は、クラックや剥離等の不具合が全くみられず、被覆膜が均一に形成されていることが分かった。また、該例の表面層のEPMAによる分析結果を、図7に示す。同図より明らかな如く、表面層にはAlとNが存在していた。また、該層の硬さは、Hv1500であった。

#### 【0073】第5実施例

【0074】前記第1実施例および第2実施例により作製したAg-A1金属間化合物層を被覆アルミニウム材を用い、該被覆層の表面を熔融塩浸漬法により窒化処理して窒化アルミニウム層を形成し、本発明の第2発明に

かかるアルミニウム材を作製した。次いで、該アルミニウム材の性能評価試験結果を行った。

【0075】先ず、前記第1実施例および第2実施例により作製したAg-A1金属間化合物層を用意し、これをシアンを含む塩浴中に4時間浸漬して窒化した。

【0076】この試料の表面層について、X線回折法による物質同定試験を行った結果、何れも窒化アルミニウム(AlN)であることが確認された。

【0077】また、前記加熱拡散処理における加熱温度が500℃、加熱時間が4時間の例について、窒化層の膜厚の測定試験を行った。その結果、膜厚は約10μmであった。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本第2発明のアルミニウム材の一具体例における、断面構造を模式的に示す説明図。

【図2】本発明の第1実施例により得られたアルミニウム材の断面の金属組織を示す光学顕微鏡写真図(倍率:200倍)である。

【図3】本発明の第1実施例により得られたアルミニウム材の加熱温度(拡散処理温度)と被覆層の厚さとの関係を示す線図である。

【図4】本発明の第1実施例により得られたアルミニウム材のEPMAによる元素分布の測定試験結果を示す線図である。

【図5】本発明の第2実施例により得られたアルミニウム材のEPMAによる元素分布の測定試験結果を示す線図である。

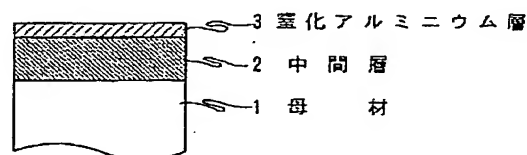
【図6】本発明の第4実施例により得られたアルミニウム材の断面の金属組織を示す光学顕微鏡写真図(倍率:400倍)である。

【図7】本発明の第4実施例により得られたアルミニウム材のEPMAによる元素分布の測定試験結果を示す線図である。

#### 【符号の説明】

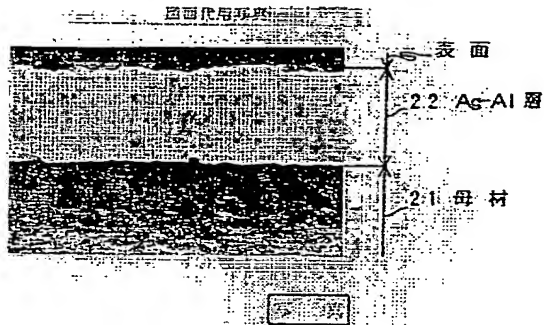
- 1・・・母材
- 2・・・中間層
- 3・・・窒化アルミニウム層

【図1】

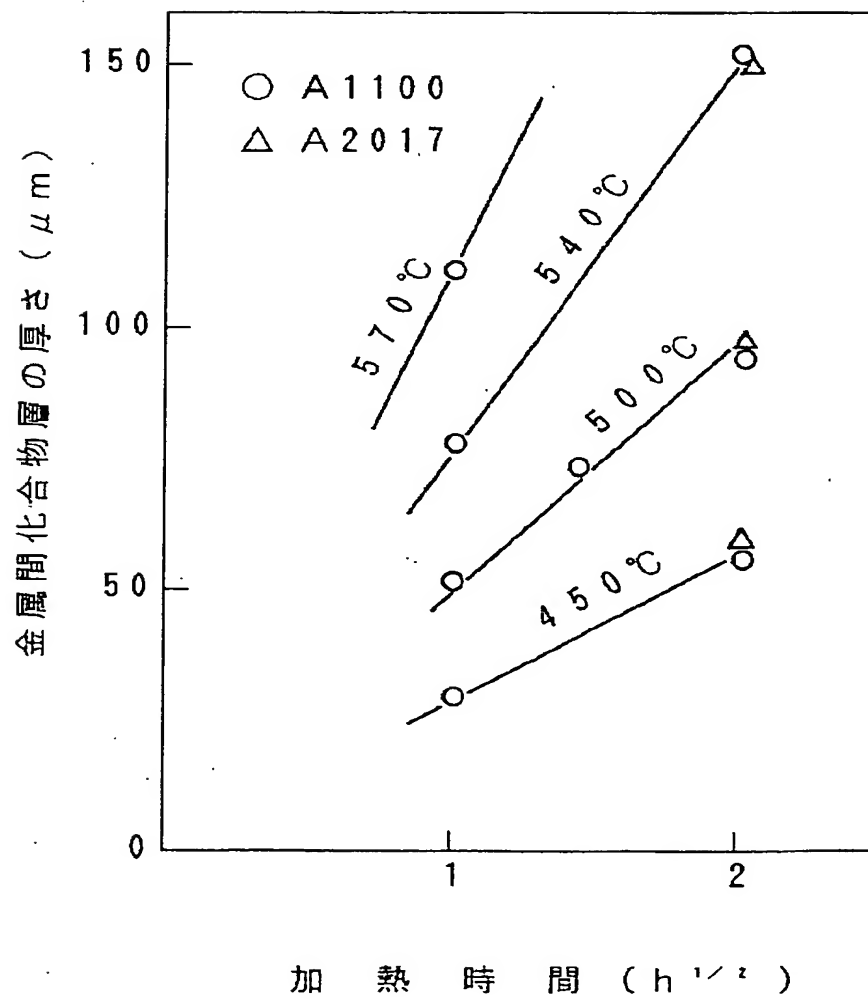




【図2】

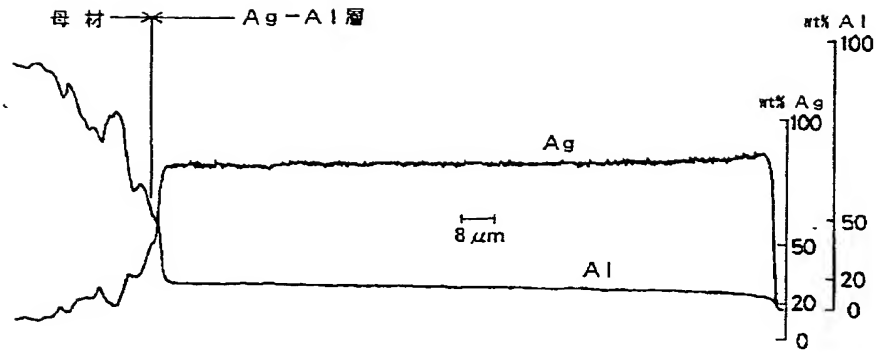


【図3】

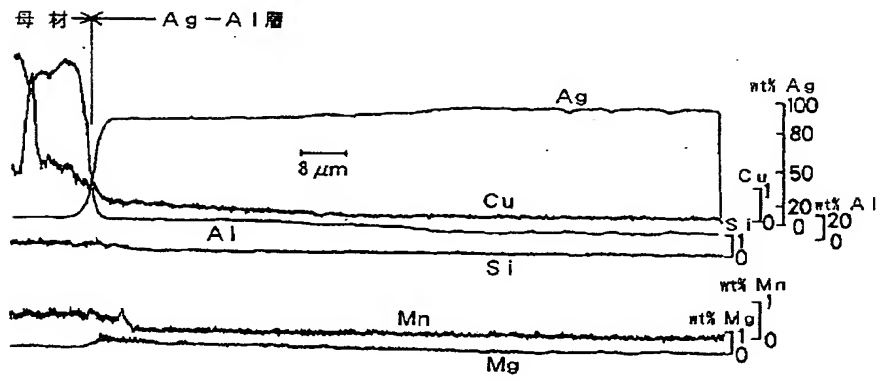




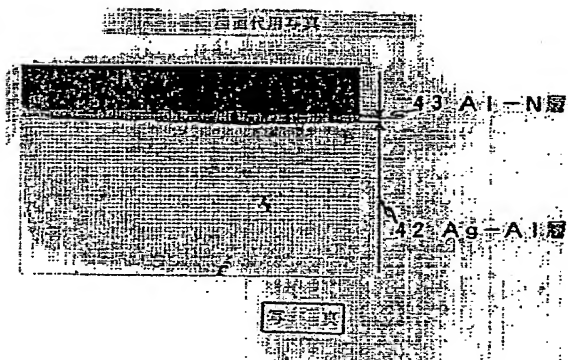
【図4】



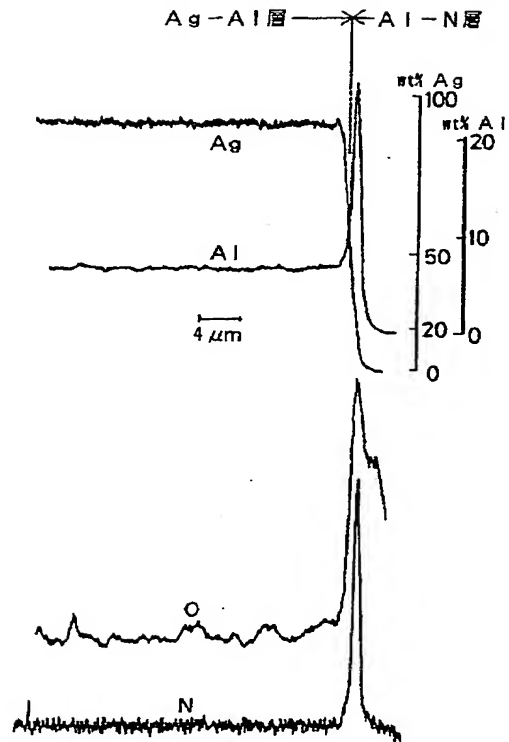
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>

C 23 C 8/36

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

7516-4K

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-179420

(43)Date of publication of application : 20.07.1993

(51)Int.Cl.

C23C 10/28

B23K 20/00

C22C 1/00

C22C 21/00

C22F 1/04

C23C 8/36

(21)Application number : 03-359212

(71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB  
INC

(22)Date of filing : 26.12.1991

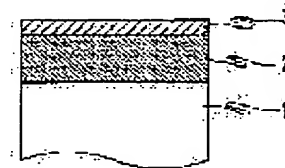
(72)Inventor : FUJITA HIRONORI  
SUZUKI TAKATOSHI

## (54) ALUMINUM MATERIAL EXCELLENT IN WEAR RESISTANCE AND ITS PRODUCTION

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide an Al alloy member excellent in hardness, toughness, wear resistance, and bearing strength characteristic by forming an Ag layer on the surface of a member made of Al alloy, performing heat treatment, and forming an Al-Ag intermetallic compound layer or further applying nitriding treatment to the surface of the intermetallic compound layer.

CONSTITUTION: An Ag plating layer is formed on the surface of a member 1 made of Al or Al alloy by an electrolytic plating method, etc., and heating is done in vacuum, by which an Ag<sub>2</sub>Al intermetallic compound layer 2 is formed by means of mutual diffusion reaction between Ag and Al. This Ag<sub>2</sub>Al intermetallic compound layer 2 has superior bearing strength characteristic as well as excellent wear resistance. Subsequently, the Al alloy member having the intermetallic compound layer 2 is treated by an ion nitriding method, a nitriding bath immersion method, etc., to form an AlN layer 3 on the surface of the intermetallic compound layer 2, by which the Al material consisting of three layers of the Al alloy material 1, the intermetallic layer 2 of Ag<sub>2</sub>Al intermetallic compound, and the AlN layer 3 and excellent in adhesiveness between respective layers, wear resistance, hardness, and bearing strength can be obtained.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.01.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3009527

[Date of registration] 03.12.1999

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right] 03.12.2002

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] Aluminum material excellent in the abrasion resistance characterized by consisting of an intermetallic-compound layer of the base material which consists of aluminum or an aluminum alloy ingredient, and the aluminum and silver which were formed in this base material front face.

[Claim 2] Aluminum material excellent in the abrasion resistance characterized by consisting of the base material which consists of aluminum or an aluminum alloy ingredient, an interlayer who consists of an intermetallic compound of the aluminum and silver which were formed in this base material front face, and an aluminum nitride layer formed in this interlayer's front face.

[Claim 3] The manufacture approach of the aluminum material excellent in the abrasion resistance characterized by the process for which the base material which consists of aluminum or an aluminum alloy ingredient is prepared, the process which forms in this base material front face the metal layer which makes silver a subject, thermal-diffusion down stream processing which heat-treat the aluminum base material which covered this metal layer, and said metal layer is made to diffuse aluminum, and use as the intermetallic-compound layer of aluminum and silver, and the thing which cut, and become.

[Claim 4] The manufacture approach of the aluminum material excellent in the abrasion resistance characterized by the process for which the base material which consists of aluminum or an aluminum alloy ingredient is prepared, the process which forms in this base material front face the interlayer who consists of an intermetallic compound of aluminum and silver, the process which performs nitriding treatment to this interlayer and forms an aluminum nitride layer in this layer front face, and the thing which cut, and to become.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the aluminum material which has in more detail the surface layer which was excellent in abrasion resistance on the front face of an aluminum ingredient, and its manufacture approach about the aluminum material excellent in abrasion resistance, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] In itself, since an aluminum ingredient or an aluminum alloy ingredient (henceforth an aluminum ingredient) is inferior in abrasion resistance and an antiseizure property, a problem is in the endurance of the sliding surface in motion components. Moreover, there is a fault — since it is low compared with steel, hardness of a base material cannot bear high planar pressure.

[0003] There are an approach of giving a plasma metal spray, laser, etc. to an aluminum ingredient, and alloying an aluminum material—list side as an approach of solving these problems, and the approach of galvanizing.

[0004] moreover, the front face which activates the front face of a processed ingredient and a nitride layer tends to generate by discharging while introducing the gas for activation which consists the front face of processed material of rare gas, such as helium and an argon, in advance of the plasma nitriding of an aluminum ingredient — the “plasma nitriding approach of aluminum material” (JP,60-211061,A) of making the aluminum nitride layer excellent in the processed material front face form is developed by considering as description and carrying out plasma nitriding after that. Since the coat layer which has a high degree of hardness on the surface of aluminum can form easily by this approach, the abrasion resistance of aluminum material can be raised. That is, the aluminum nitride layer formed in the front face of this aluminum material is dramatically stable to an elevated temperature, it excels in those with 1000 or more hardness Hv, and abrasion resistance, and thermal conductivity is greatly excellent in insulation.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, by the former approach, since it is metal scorification, it has the problem that the thickness of a surface layer and a presentation are not uniform and neither hardness nor the property of antifriction becomes homogeneity. Moreover, since surface relative roughness is bad, it has the problem that the grinding after processing or polishing is needed. Moreover, when a thick composite-coatings layer is formed by the approaches of galvanizing, such as electroplating, the base material and the interface have the problem that adhesion with a base material is not enough, for mechanical junction.

[0006] Moreover, this surface layer of that in which the plasma nitriding approach of the aluminum material indicated by latter JP,60-211061,A can form the surface layer which surely was excellent in abrasion resistance with the high degree of hardness is about at most about ten micrometers, and when it uses as a member which requires high planar pressure, it has the problem that this pressure cannot be borne.

[0007] Then, this invention persons come to accomplish this invention, as a result of inquiring

wholeheartedly that the trouble of the conventional technique like \*\*\*\* should be solved and repeating various kinds of systematic experiments.

[0008] (The object of invention) The object of this invention is to offer the aluminum material excellent in the planar pressure strength property, and its manufacture approach while it is excellent in abrasion resistance and has a high degree of hardness.

[0009] this invention persons perceived the following things to the problem of the above-mentioned conventional technique. That is, the degree of hardness was higher than aluminum, and the sliding property was good on the front face of an aluminum ingredient, and noted on it preparing the surface layer which is not damaged according to near and external force in [ a coefficient of thermal expansion / aluminum ] comparison.

[0010] Then, as a layer with which are satisfied of the above conditions, the intermetallic compound of silver and aluminum is perceived and it came to accomplish a header and this invention for the problem of the conventional technique being solvable by preparing the surface layer which consists of an intermetallic compound of aluminum-Ag of predetermined thickness.

[0011]

[Means for Solving the Problem]

(The 1st invention) The aluminum material excellent in the abrasion resistance of the 1st invention is characterized by consisting of an intermetallic-compound layer of the base material which consists of aluminum or an aluminum alloy ingredient, and the aluminum and silver which were formed in this base material front face.

[0012] (The 2nd invention) The aluminum material excellent in the abrasion resistance of the 2nd invention is characterized by consisting of the base material which consists of aluminum or an aluminum alloy ingredient, an interlayer who consists of an intermetallic compound of the aluminum and silver which were formed in this base material front face, and an aluminium nitride layer formed in this interlayer's front face.

[0013] (The 3rd invention) The manufacture approach of the aluminum material excellent in the abrasion resistance of the 3rd invention The process for which the base material which consists of aluminum or an aluminum alloy ingredient is prepared, It is characterized by the process which forms in this base material front face the metal layer which makes silver a subject, thermal diffusion down stream processing which heat-treat the aluminum base material which covered this metal layer, and said metal layer is made to diffuse aluminum, and is used as the intermetallic-compound layer of aluminum and silver, and the thing which cut and to become.

[0014] (The 4th invention) The manufacture approach of the aluminum material excellent in the abrasion resistance of the 4th invention is characterized by the process for which the base material which consists of aluminum or an aluminum alloy ingredient is prepared, the process which forms in this base material front face the interlayer who consists of an intermetallic compound of aluminum and silver, the process which performs nitriding treatment to this interlayer and forms an aluminium nitride layer in this layer front face, and the thing which cut and to become.

[0015]

[Function] Although it is not yet clear necessarily about the mechanism which demonstrates the effectiveness excellent in the manufacture approach of the aluminum material excellent in the abrasion resistance of the aluminum material excellent in the abrasion resistance of \*\*\*\* 1 invention or the 2nd invention, the 3rd invention, and the 4th invention, it thinks as follows.

[0016] (Operation of the 1st invention) The aluminum material of this invention consists of a base material which consists of aluminum or an aluminum alloy ingredient, and an intermetallic-compound layer formed in this base material front face. This intermetallic-compound layer is the intermetallic compound of aluminum and silver. Near and a degree of hardness also have [ the intermetallic compound which consists of silver and aluminum ] a base material and a comparatively high coefficient of thermal expansion compared with aluminum. Since it becomes what whose shearing force in an interface was small and was excellent in the adhesion of a layer, this is excelled in abrasion resistance and it has [ as opposed to / since the difference of a coefficient of thermal expansion is / that the interface with an aluminum base material serves as metallic bond by diffusion / small by considering as the intermetallic compound of this silver and



aluminum / a temperature change ] a degree of hardness higher than an aluminum base material and a certain amount of toughness, it is thought that it is the aluminum material excellent in the planar pressure strength property.

[0017] In addition, although it can consider making the intermetallic compound which covers other metals, such as Cu and nickel, carries out thermal diffusion processing, and consists of Cu-aluminum or nickel-aluminum form in the front face of an aluminum ingredient, it has the problem of the intermetallic compound which consists of these Cu-aluminum or nickel-aluminum having a coefficient of thermal expansion smaller than an aluminum base material, and being easy to exfoliate since toughness is missing. In the case of this invention, the characteristic effectiveness that such a problem cannot arise easily can be done so.

[0018] (Operation of the 2nd invention) The aluminum material of this invention consists of the base material which consists of aluminum or an aluminum alloy ingredient, an interlayer who consists of an intermetallic-compound layer of the aluminum and silver which were formed in this base material front face, and an aluminum nitride layer formed in this interlayer's front face. The aluminum nitride layer as a surface layer is dramatically stable to an elevated temperature, it excels with those with 1000 or more hardness Hv, and abrasion resistance, and thermal conductivity is greatly excellent in insulation. The aluminum material of this invention comes to have the intermetallic compound which consists of aluminum and silver between this aluminum nitride surface layer and base material. This intermetallic compound has a degree of hardness higher than a base material, has toughness, and comes to have predetermined thickness. Therefore, it is thought that the aluminum material of this invention can prevent deformation which spoils predetermined effectiveness while being able to catch this planar pressure by said interlayer and being able to make the effectiveness of said surface layer do so, even when considerable planar pressure joins the front face of this \*\*, while being able to demonstrate the property of the aluminum nitride layer as a surface layer as it is.

[0019] (Operation of the 3rd invention) The manufacture approach of the aluminum material excellent in the abrasion resistance of the 3rd invention prepares first the base material which consists of aluminum or an aluminum alloy ingredient (base material preparation process). Subsequently, the metal layer which makes silver a subject with electroplating etc. is formed in the front face of the antifriction stratification section of this base material (silver layer formation process). Subsequently, heat-treat the aluminum base material which covered this metal layer, said metal layer is made to diffuse aluminum, and the intermetallic-compound layer of aluminum and silver is formed (thermal diffusion down stream processing). Since a diffusion rate is [ that silver tends to react with aluminum ] also early at this time, it is thought that the intermetallic compound which consists of Ag<sub>2</sub> aluminum easily can be formed. Moreover, the intermetallic compound of the aluminum and silver which were obtained from this is excellent in the planar pressure strength property while it is excellent in abrasion resistance and has a comparatively high degree of hardness.

[0020] (Operation of the 4th invention) The manufacture approach of the aluminum material excellent in the abrasion resistance of the 4th invention prepares the base material which consists of aluminum or an aluminum alloy ingredient (base material preparation process). Subsequently, the interlayer who consists of an intermetallic compound of aluminum and silver is formed in this base material front face (interlayer formation process). In addition, this interlayer's formation can be performed like said 3rd invention. Subsequently, nitriding treatment is performed by approaches, such as ion nitriding and nitriding bath dip coating, and an aluminum nitride layer is formed in this interlayer's front face (aluminum nitride layer formation process). The aluminum which constitutes the interlayer is spread on a front face by this, this aluminum and nitrogen join together, and an aluminum nitride layer is formed. At this time, since the diffusion rate to the silver of aluminum is early, the aluminum component of said interlayer who lost by formation of an aluminum nitride layer is compensated one by one from a base material, and it can form a comparatively thick aluminum nitride layer. From this, it has the interlayer who consists of an intermetallic compound of a base material, and aluminum and silver, and the surface layer which consists of aluminum nitride, and it is thought that abrasion resistance and a degree of hardness, and the aluminum material of three layer systems that was further

excellent in planar pressure reinforcement can be obtained easily.

[0021]

[Effect of the Invention]

[0022] (The 1st effect of the invention) The aluminum material of \*\*\*\* 1 invention is excellent in the planar pressure strength property while it is excellent in abrasion resistance and has a degree of hardness and toughness higher than a base material.

[0023] (The 2nd effect of the invention) The aluminum material of \*\*\*\* 2 invention is excellent in the planar pressure strength property while having the more excellent wear-resistant and higher degree of hardness.

[0024] (The 3rd effect of the invention) While excelling in abrasion resistance and having a high degree of hardness by the manufacture approach of \*\*\*\* 3 invention on the aluminum as a base material (processed material), or the front face of an aluminum alloy, the intermetallic-compound layer excellent in the planar pressure strength property can be formed easily. Moreover, the intermetallic-compound layer formed in the base material front face is excellent in adhesion.

[0025] (The 4th effect of the invention) While excelling in abrasion resistance more and having a higher degree of hardness by the manufacture approach of \*\*\*\* 4 invention on the aluminum as a base material (processed material), or the front face of an aluminum alloy, the enveloping layer excellent in the planar pressure strength property can be formed easily. Moreover, the enveloping layer formed in the base material front face is excellent in adhesion.

[0026]

[Example] First, invention (example) which made still more concrete the manufacture approach of the aluminum material the aluminum material of said 1st invention or the 2nd invention and the 3rd invention, or the 4th invention is explained.

[0027] The base material or processed material of this invention is the ingredient or member which consists of aluminum or an aluminum alloy. You may be the thing of the product configuration before surface treatment. An aluminum alloy uses aluminum as a principal component, and contains kinds, such as silicon, copper, magnesium, manganese, chromium, nickel, iron, and zinc, or two sorts or more in this.

[0028] The layer (the intermetallic-compound layer or interlayer as a surface layer) which consists of an intermetallic compound of aluminum and silver is a layer which raises the abrasion resistance of a base material and a degree of hardness, and planar pressure reinforcement, and specifically consists of Ag<sub>2</sub> aluminum etc. Furthermore, you may be Ag-Ag<sub>2</sub> aluminum (silver rich intermetallic compound) and aluminum-Ag<sub>2</sub> aluminum (aluminum rich intermetallic compound). Properties, such as a degree of hardness of this layer, can determine suitably aluminum content in this layer, the thickness of this layer, etc. as a pan according to the object.

[0029] In addition, when using as a surface layer, as for this intermetallic-compound layer, it is desirable that thickness is 50 micrometers - 200 micrometers. When this thickness is less than 50 micrometers, it deforms plastically by planar pressure depending on an application, and there is a possibility that the shape of surface type may change and this thickness exceeds 200 micrometers, the process time amount of the stratification becomes long, and the amount of silver [ used ] increases, and there is a possibility of becoming a cost rise. Moreover, also when using as an interlayer, it is desirable that thickness is 50 micrometers - 200 micrometers by the same reason as the above.

[0030] Moreover, when formed by pure aluminium and pure Ag, the degrees of hardness of said intermetallic compound are abbreviation 200-Hv 250, and are high compared with the abbreviation 80-Hv 140 of the aluminum alloy currently used. therefore, the conventional aluminum alloy is used and the coat to the aluminum base material front face of this intermetallic compound is effective to an application with inadequate planar pressure-proof reinforcement — certain \*\* However, when abbreviation 200-Hv 250 also adds other elements in Ag to an application which deformation of a surface layer produces, a 300 or more-Hv intermetallic-compound layer is formed, and it is Hv 700. It is also possible to make it extent.

[0031] Moreover, this intermetallic-compound layer is the range which does not spoil the effectiveness of this invention, and can add the third element suitably. For example, when a higher degree of hardness is a request, it is desirable to add more than a kind of improvement

elements in a property, such as chromium (Cr), copper (Cu), iron (Fe), and nickel (nickel).

[0032] As an approach of forming this intermetallic compound in a base material front face, electroplating, a nonelectrolytic plating method, a spraying process, a paste coating method, etc. are applicable. In addition, the intermetallic compound which forms the metal membrane which made silver the subject first, heats the base material which has this metal membrane, is made to diffuse the aluminum in this base material in said metal membrane, and consists of aluminum and silver by said approach can be formed.

[0033] In addition, since the base material which consists of an aluminum ingredient tends to form an oxide film in a front face, it is desirable to form the metal membrane which made silver the subject first with electroplating, to heat the base material which covered the metal membrane subsequently, to carry out diffusion process of the aluminum in a base material into a metal membrane, and to form in a base material front face the intermetallic compound which consists of aluminum and silver. Since it can cover only into the part which needs a uniform layer by adopting electroplating, it is suitable. Moreover, in the case of this approach, small components can also be processed simultaneously and it also has the advantage of being suitable for a large quantity coat.

[0034] In addition, when forming this intermetallic-compound layer as an interlayer, thermal diffusion processing of this intermetallic-compound formation process (interlayer formation process) may be performed to heat treatment at the time of the nitriding treatment process of an after process, and coincidence. For example, when performing nitriding treatment with a plasma nitriding approach, it can serve with the process accompanied by heat grant of processed material, such as a temperature-up process at the time of plasma nitriding processing. In this case, it has the advantage that simplification of a process is possible and a cost cut is possible.

[0035] An alumimium nitride layer is a surface layer formed in the front face of an intermetallic-compound layer (interlayer), and is a layer is dramatically stable to an elevated temperature, and was excellent with those with 1000 or more hardness Hv, and abrasion resistance, and thermal conductivity excelled [ layer ] in insulation greatly. In addition, this alumimium nitride layer is the object which raises the property of this layer, and can be made to contain in the range which does not spoil an effect of the invention for the property improver which consists more than of kinds, such as oxygen, and nitrogen, carbon. For example, when an oxygen content was the aluminum acid nitride layer included 1- dozens% of the weight, it should excel in a water resisting property or corrosion resistance further.

[0036] As for this alumimium nitride layer, it is desirable that thickness is 2 micrometers - 10 micrometers. When this thickness is less than 2 micrometers, there is a possibility that more excellent sufficient abrasion resistance cannot be given and this thickness exceeds 10 micrometers, there is a possibility that the rate that the matter which spoils abrasion resistance, such as a crack, intervenes may become high.

[0037] As an approach of forming this alumimium nitride layer, it is applicable by any approaches, such as various kinds of dip coating, such as various kinds of chemical vapor deposition, such as ion nitriding and plasma chemistry gaseous-phase vacuum deposition, various kinds of physical vapor deposition, such as the ion plating method, and an approach immersed into the salt bath containing cyanogen.

[0038] In addition, it is desirable that it is the approach of nitriding preferentially the aluminum in the interlayer who consists of an intermetallic compound formed in the base material as the formation approach of this alumimium nitride layer, making combine this aluminum and the nitrogen supplied from the outside, and forming alumimium nitride. When based on this approach, in order for aluminum to be the element diffused from Ag2 aluminum, to react with surface nitrogen and to form AlN, it should excel in the adhesion reinforcement of said interlayer and alumimium nitride layer. Moreover, it is supposed that Ag and N will not be combined from the conventional thermodynamics data, and this invention is not formed, either.

[0039] Here, about the formation approach of an alumimium nitride layer, if the example is explained briefly, it is as follows. That is, the ingredient which formed first the interlayer who becomes a base material from the intermetallic compound of aluminum and silver as an approach of forming this alumimium nitride layer by the plasma nitriding approach, or the ingredient which

formed in the base material the metal membrane which made silver the subject is prepared, and it arranges in nitriding treatment equipment (processed material arrangement process). Next, after sealing a container, the gas which remains in this container is removed using vacuum pumps, such as a rotary pump and a diffusion pump, (oxygen gas clearance process). In addition, as occasion demands, the introductory gas which consists of non-oxidizing gases, such as hydrogen gas after reduced pressure and rare gas, is permuted, and reduced pressure is repeated and is performed. Subsequently, the front face of processed material is heated to predetermined nitriding temperature at the heater which discharged while introducing the gas for temperature up in the decompressed well-closed container, or was formed in the inside of this container, or the perimeter of this container (temperature-up process). In addition, when said prepared ingredient is the latter (i.e., when the metal membrane formed in the base material front face is a metal membrane which makes a subject said not an intermetallic compound but silver), of the heat-treatment in this temperature-up process, the aluminum in a base material is spread in a metal membrane, and an intermetallic compound is formed. Next, while introducing the gas for nitriding treatment, such as gas which makes nitrogen gas and nitrogen a subject, and mixed gas of nitrogen gas and hydrogen gas, in a well-closed container, in this well-closed container, glow discharge is generated and nitriding treatment of a processed material front face is performed (plasma nitriding process). In addition, by pretreating in advance of plasma nitriding processing to the description in which aluminum nitride is easy to form a processed material front face, since the aluminum nitride layer of a thick film can be formed efficiently again, it is desirable.

[0040] Since it is carried out in gas as the formation approach of an aluminum nitride layer when the plasma nitriding approach is applied, back washing has unnecessarily the advantage that it can process simultaneously.

[0041] In addition, when based on ion nitriding, it is desirable to perform nitriding treatment, as the temperature of processed material becomes as uniform as possible. For example, it is desirable to take into consideration maintenance, the electrode, etc. of components so that discharge may generate the conditions of glow discharge in each part or each part article at homogeneity.

[0042] Moreover, the example is briefly explained about how to form said aluminum nitride layer by dip coating. Namely, it carries out by being immersed during the bath which usually contains the cyanogen used as a salt-bath-nitriding method of steel.

[0043] Since it is a salt bath as the formation approach of an aluminum nitride layer when dip coating is applied, it has the advantage of being easy to control temperature.

[0044] Here, an example of the structure of the aluminum material of this example is explained using drawing 1. Namely, drawing 1 is what showed the cross section of aluminum material typically. The base material 1 which consists of aluminum or an aluminum alloy (a forging or a casting: in the case of A7075 a maximum of Hv 150), It consists of the middle class (backup layer: 50 - 200 micrometer:Hv 300-600) 2 formed in this base material front face, and an aluminum nitride layer (antifriction layer: 2 - 10 micrometer:Hv 1000-2000) 3 formed in this middle class's front face.

[0045] Below, the example of this invention is explained.

[0046] The 1st example [0047] The metal membrane which consists of silver with electrolysis plating was formed using pure aluminum as a base material, diffusion treatment was performed, aluminum material was produced and the performance evaluation test of this \*\* was performed.

[0048] First, it is 50x25x5 mm as a base material. The pure aluminium (product made from A 1100) of a dimension was prepared. Subsequently, (Silver Ag) plating layer of about 45 micrometers and about 80-micrometer thickness was formed in this base material front face with electrolysis plating. Subsequently, 450 degrees C, 500 degrees C, 540 degrees C, and diffusion process by 1, 2, or heating of 4 hours were mostly performed for the sample in which these silver plating layer was formed, at 570 degrees C of eutectic temperature (567 degrees C) in the vacuum (about  $10^{-3}$  -  $10^{-4}$  Torr).

[0049] The performance evaluation of the obtained aluminum material was carried out by the X diffraction, optical microscope observation, hardness measurement, and measurement of the

element distribution by EPMA.

[0050] First, the X diffraction trial was performed by irradiating an X-ray from the front face of a sample after heating. Consequently, it turned out that it is the intermetallic compound with which the coat film with which all samples were formed in the base material front face consists of Ag<sub>2</sub> aluminum.

[0051] Next, the optical microscope observation trial cut the sample obtained after heating, and followed the field polished after embedding into resin. Consequently, all were found by that nonconformities, such as a crack and exfoliation, are not seen at all, but the coat film is formed in homogeneity. In addition, about the example of 4 hours, whenever [ in said diffusion treatment / stoving temperature ] shows the metal texture (scale factor: 200 times) of the cross section of aluminum material to 540 degrees C, and heating time shows it to drawing 2.

[0052] Moreover, the relation between whenever [ said stoving temperature ], and the thickness of an enveloping layer is shown in drawing 3. It turns out that the thickness of an enveloping layer is thick, so that from this drawing and heating time is so long that whenever [ stoving temperature ] is high.

[0053] Next, the 100g load performed the hardness measurement trial using the micro Vickers hardness meter. Consequently, hardness distribution of an Ag<sub>2</sub> aluminum intermetallic compound is Hv 210-230, and, moreover, the class and processing conditions of a base material found that it was unrelated. Moreover, the crack by the indentation of measurement of the hardness of a layer was not produced.

[0054] Next, the same thing as the sample of an optical microscope observation trial performed the measurement trial of the element distribution by EPMA. Whenever [ in said diffusion treatment / stoving temperature ] shows the result which 540 degrees C and heating time measured about the example of 4 hours to drawing 4. Inside an enveloping layer, about 80% of the weight, aluminum is about 15 % of the weight, this presentation has Ag in dissolution within the limits of Ag<sub>2</sub> aluminum shown with the equilibrium diagram, and it is equivalent to aluminum Rich's Ag<sub>2</sub> aluminum part so that more clearly than this drawing.

[0055] Except having replaced with Ag of said example the metal membrane formed on the surface of the base material, and having been referred to as about 20-micrometer Cu or nickel for the comparison, diffusion treatment of the metal membrane was formed and carried out to the base material like said 1st example, the aluminum material for a comparison was produced, and the performance evaluation test was performed. Consequently, the crack had occurred, and there was each cross-section organization at the time of heating Cu and nickel plating material, also when this deposit exfoliated during cooling. Moreover, it turned out that it is 120 to 250 times [ in the case of Cu and nickel plating material ] the growth rate multiplier K of the Ag<sub>2</sub> aluminum layer in Ag plating material of this.

[0056] Since the growth rate of an Ag<sub>2</sub> aluminum layer was very quick, this example also showed that a thick layer could be formed in the front face of an aluminum ingredient in a short time.

[0057] The 2nd example [0058] The metal membrane which consists of silver with electrolysis plating was formed like said 1st example, using duralumin as a base material, diffusion treatment was performed, aluminum material was produced and the performance evaluation test of this \*\* was performed.

[0059] First, it is 50x25x5 mm as a base material. The duralumin (product made from A 2017) of a dimension was prepared. Subsequently, formation and the aluminum material which subsequently performs diffusion process and starts this example were obtained for the silver plating layer like said 1st example.

[0060] The performance evaluation of the obtained aluminum material was carried out like said 1st example by the X diffraction, optical microscope observation, hardness measurement, and measurement of the element distribution by EPMA.

[0061] Consequently, the X diffraction trial showed that the coat film with which all samples were formed in the base material front face was the intermetallic compound which consists of Ag<sub>2</sub> aluminum. Moreover, the optical microscope organization of the cross section of the obtained aluminum material is the same as that of the case of the pure aluminium of the 1st example, and the metallic-coating layer without a crack or exfoliation was formed. Moreover,

hardness distribution of an Ag<sub>2</sub> aluminum intermetallic compound is Hv 210–230, and the class and processing conditions of a base material found that it was unrelated. Moreover, the crack by the indentation of measurement of the hardness of a layer was not produced. Moreover, whenever [ stoving temperature / in / in the analysis result by EPMA / diffusion treatment ] shows the result which 540 degrees C and heating time measured about the example of 4 hours to drawing 5 . As for existence of Mn and Si, about 1.5 % of the weight of maxes and Mg were not checked for it, although Cu which is an alloy element in a base material in an enveloping layer although distribution of Ag and aluminum is the same as that of the case of A 1100 of said 1st example inside an enveloping layer so that more clearly than this drawing existed about 0.5 % of the weight of maxes.

[0062] The 3rd example [0063] The metal membrane which consists of Ag+nickel with compound electrolysis plating was formed using pure aluminum and duralumin as a base material, diffusion treatment was performed, aluminum material was produced and the performance evaluation test of this \*\* was performed.

[0064] First, it is 50x25x5 mm as a base material. The pure aluminium (product made from A 1100) and duralumin (product made from A 2017) of a dimension were prepared. Subsequently, the composite-coatings layer (Ag+5%nickel) of the silver-nickel of about 45 micrometers and about 80-micrometer thickness was formed in this base material front face with compound electrolysis plating. Subsequently, 450 degrees C, 500 degrees C, 540 degrees C, and diffusion process by 1, 2, or heating of 4 hours were mostly performed for the sample in which these plating layer was formed, at 570 degrees C of eutectic temperature (567 degrees C) in the vacuum (about 10<sup>-3</sup> – 10<sup>-4</sup> Torr) like said 1st example.

[0065] The performance evaluation of the obtained aluminum material was carried out like said 1st example by the X diffraction, optical microscope observation, hardness measurement, and measurement of the element distribution by EPMA.

[0066] Consequently, as for the X diffraction trial, all samples showed that it was the intermetallic compound with which the coat film formed in the base material front face uses Ag<sub>2</sub> aluminum as a principal component. Moreover, the optical microscope organization of the cross section of the obtained aluminum material is the same as that of the case of the pure aluminium of the 1st example, and the metallic-coating layer without a crack or exfoliation was formed. Moreover, hardness distribution of an Ag<sub>2</sub> aluminum intermetallic compound is Hv 450–510, and the class and processing conditions of a base material found that it was unrelated. Moreover, the crack by the indentation of measurement of the hardness of a layer was not produced.

[0067] Moreover, even when it replaced with nickel of said composite-coatings layer and Cr and Fe were used similarly, the degree-of-hardness lifting effectiveness of an enveloping layer as well as this 3rd example was accepted.

[0068] The 4th example [0069] Plasma nitriding processing of the front face of this enveloping layer was carried out for the Ag-aluminum intermetallic-compound layer produced according to said 1st example and 2nd example using coat aluminum material, the aluminium nitride layer was formed, and the aluminum material concerning the 2nd invention of this invention was produced. Subsequently, the performance-evaluation test result of this aluminum material was performed.

[0070] First, the Ag-aluminum intermetallic-compound layer produced according to said 1st example and 2nd example was prepared, and it has arranged in a plasma nitriding processor. Next, after sealing this container, the gas which remains in this container was removed using the rotary pump, subsequently to installation hydrogen gas was permuted, and reduced pressure was repeated and was performed. Next, it discharged, while introducing hydrogen gas as gas for temperature up in the decompressed well-closed container, and the front face of processed material was heated at 500 degrees C. Next, it is 3 Torr in a well-closed container. The black layer was formed in the front face, when glow discharge was generated on condition that 600V and 1A and nitriding treatment of a processed material front face was performed in this well-closed container for 4 hours, while introducing nitrogen gas.

[0071] As a result of performing the matter identification trial by the X-ray diffraction method about this black layer, it was checked that all are aluminium nitride (AlN) of a wurtzite mold.

[0072] Moreover, whenever [ in said diffusion treatment / stoving temperature ] performed 500



degrees C, and heating time performed the measurement trial of the thickness of a nitrated case about the example of 4 hours. Consequently, thickness was about 8 micrometers. Moreover, the result of the organization observation by the optical microscope of this example, i.e., the metal texture of the cross section of aluminum material, (scale factor: 400 times) is shown in drawing 6. The aluminum material of this example consisted of the base material, an interlayer formed in this base material front face, and an aluminum nitride layer formed in this interlayer's front face, and, as for each layer, it turned out that nonconformities, such as a crack and exfoliation, are not seen at all, but the coat film is formed in homogeneity so that more clearly than this drawing. Moreover, the analysis result by EPMA of the surface layer of this example is shown in drawing 7. aluminum and N existed in the surface layer so that more clearly than this drawing. Moreover, the hardness of this layer was Hv1500.

[0073] The 5th example [0074] Nitriding treatment of the front face of this enveloping layer was carried out for the Ag-aluminum intermetallic-compound layer produced according to said 1st example and 2nd example by fused salt dip coating using coat aluminum material, the aluminum nitride layer was formed, and the aluminum material concerning the 2nd invention of this invention was produced. Subsequently, the performance-evaluation test result of this aluminum material was performed.

[0075] First, the Ag-aluminum intermetallic-compound layer produced according to said 1st example and 2nd example was prepared, it was immersed into the salt bath containing cyanogen for 4 hours, and this was nitrated.

[0076] As a result of performing the matter identification trial by the X-ray diffraction method about the surface layer of this sample, it was checked that all are aluminum nitride (AlN).

[0077] Moreover, whenever [ in said diffusion treatment / stoving temperature ] performed 500 degrees C, and heating time performed the measurement trial of the thickness of a nitrated case about the example of 4 hours. Consequently, thickness was about 10 micrometers.

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The explanatory view showing typically the cross-section structure in one example of the aluminum material of \*\*\*\* 2 invention.

[Drawing 2] It is optical microscope photograph drawing (scale factor: 200 times) showing the metal texture of the cross section of the aluminum material obtained according to the 1st example of this invention.

[Drawing 3] It is the diagram showing the relation between whenever [ stoving temperature / of the aluminum material obtained according to the 1st example of this invention ], (diffusion-process temperature), and the thickness of an enveloping layer.

[Drawing 4] It is the diagram showing the measurement test result of the element distribution by EPMA of the aluminum material obtained according to the 1st example of this invention.

[Drawing 5] It is the diagram showing the measurement test result of the element distribution by EPMA of the aluminum material obtained according to the 2nd example of this invention.

[Drawing 6] It is optical microscope photograph drawing (scale factor: 400 times) showing the metal texture of the cross section of the aluminum material obtained according to the 4th example of this invention.

[Drawing 7] It is the diagram showing the measurement test result of the element distribution by EPMA of the aluminum material obtained according to the 4th example of this invention.

[Description of Notations]

1 ... Base material

2 ... Interlayer

3 ... Alumimium nitride layer

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

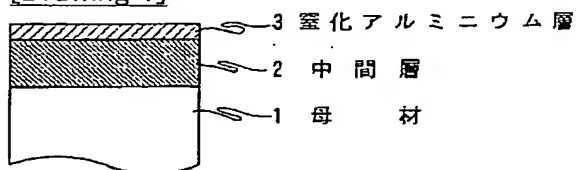
3.In the drawings, any words are not translated.

---

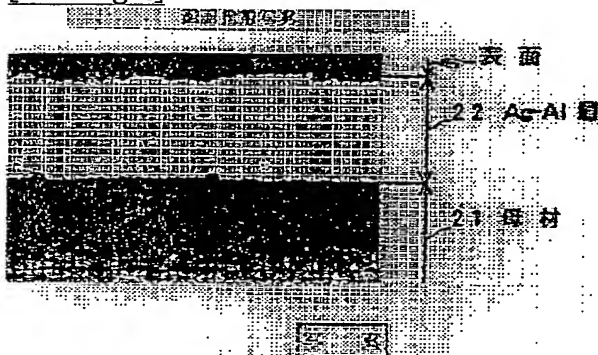
DRAWINGS

---

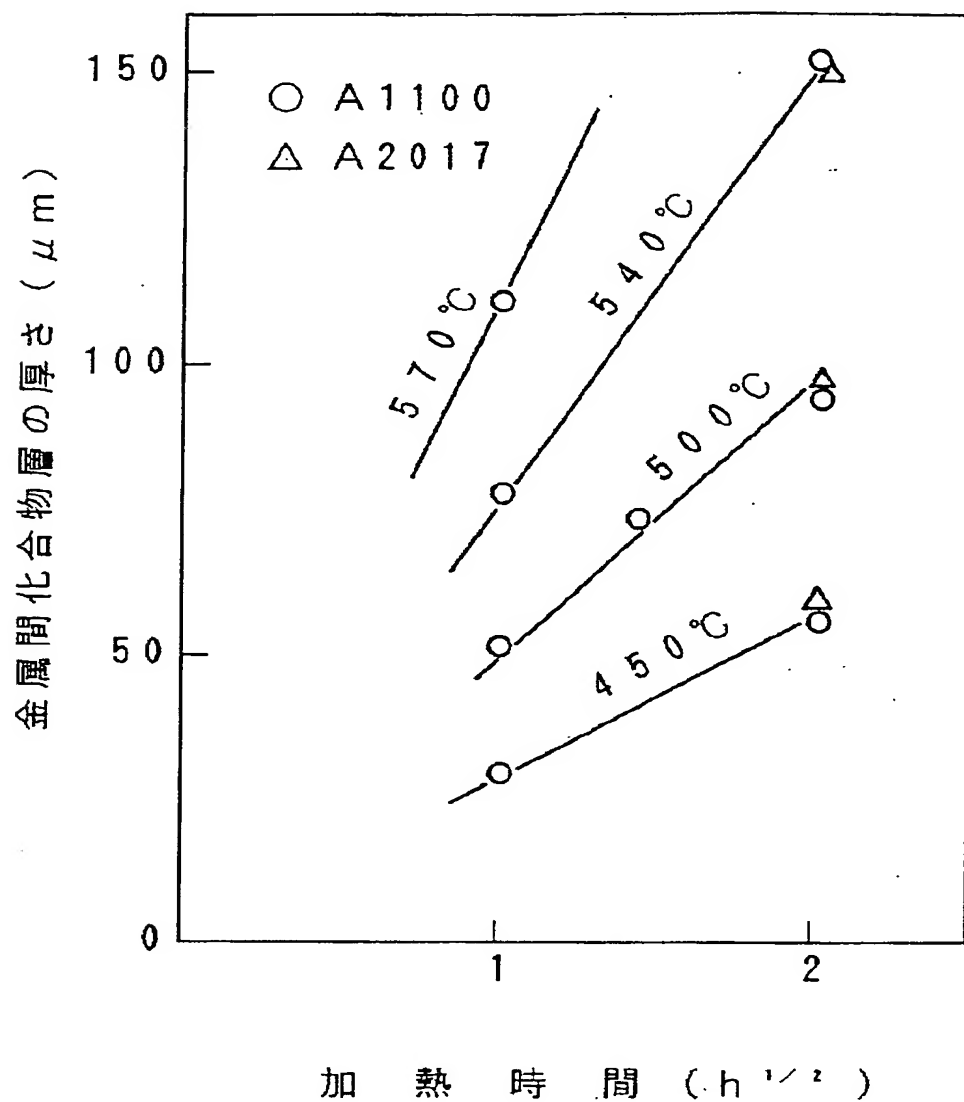
[Drawing 1]



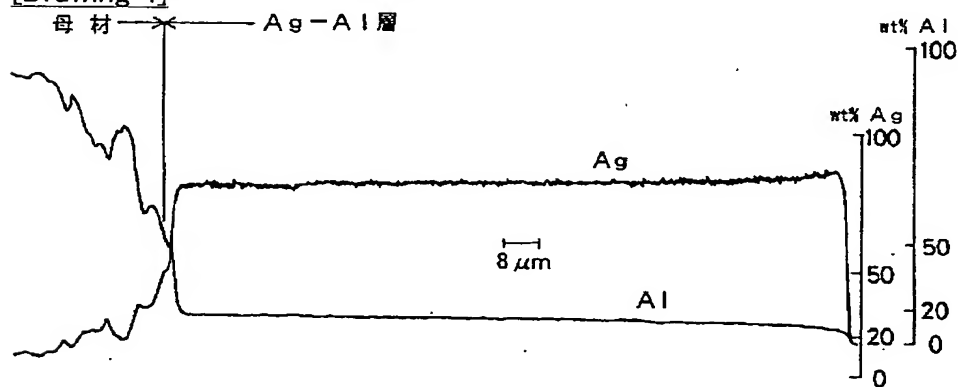
[Drawing 2]



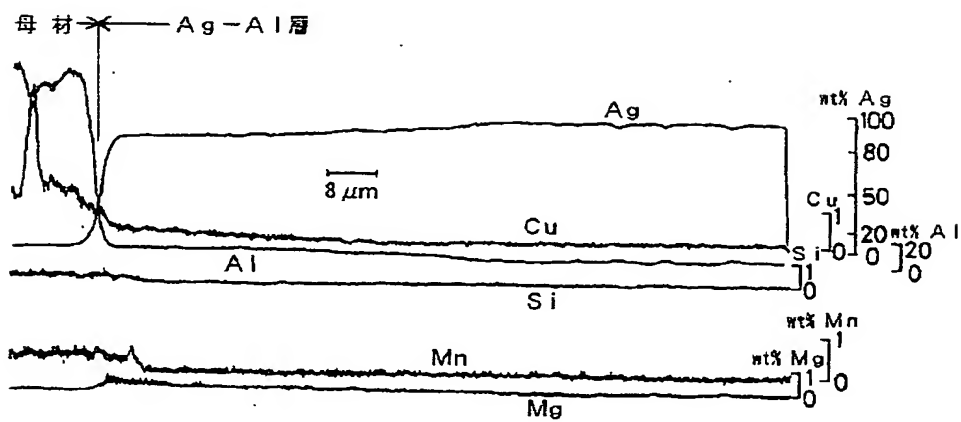
[Drawing 3]



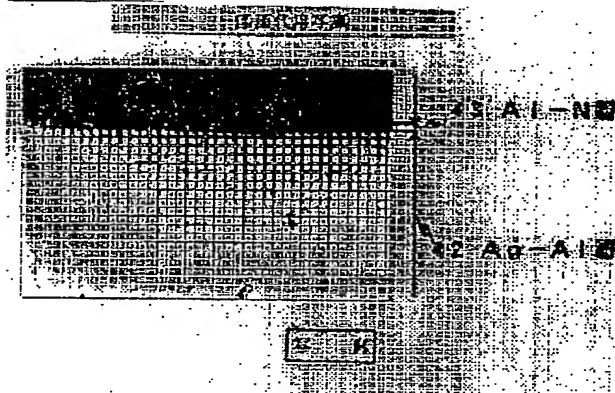
[Drawing 4]



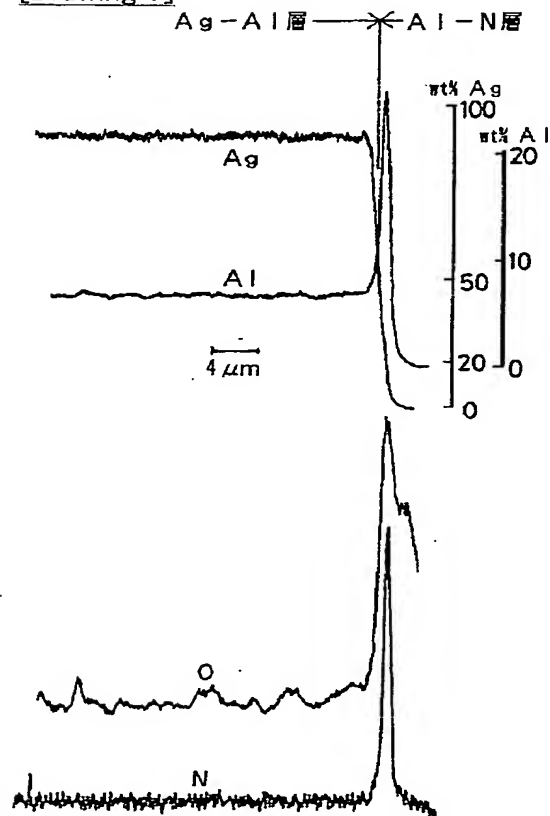
[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Drawing 7]



---

[Translation done.]